

УДК 004:415.327

Застосування ГІС для потреби попередження стихійних гідрологічних явищ

Т. П. Мельник

Національний університет «Львівська політехніка», Україна

Для удосконалення системи управління водними ресурсами в басейні р. Тиси, досліджено наявність інформаційних технологій автоматизації протипаводкового захисту. В основу яких покладено створення в гідрометслужбі сучасної автоматичної системи гідрометеорологічних спостережень, збору і отримання даних центром прогнозування в реальному часі з необхідною частотою. Що дозволяє швидко і ефективно оперувати даними, берегти ці дані, мати швидкий і зручний доступ до них і на їх основі будувати високоякісні карти різних призначень. Описано деякі нюанси програмної організації.

Ключові слова: програмне забезпечення, автоматизовані інформаційні системи, геоінформаційні системи, радар, супутникові знімки.

Для усовершенствования системы управления водными ресурсами в бассейне Тисы, исследовано наличие информационных технологий автоматизации противопаводочной защиты. В основу положено создание в гидрометслужбе современной автоматической системы гидрометеорологических наблюдений, сбора и получения данных центром прогнозирования в реальном времени с необходимой частотой. Что позволяет быстро и эффективно оперировать данными, хранить эти данные, иметь быстрый и удобный доступ к ним и на их основе строить высококачественные карты различных назначений. Описаны некоторые нюансы программной организации.

Ключевые слова: программное обеспечение, автоматизированные информационные системы, геоинформационные системы, радар, спутниковые снимки.

To improve the management of water resources in the basin of the Tisza, investigated the presence of information technology automation of flood protection. It is based on the creation of a modern automatic hydrometeorological system meteorological observations, data collection and data acquisition center forecasting in real time with the required frequency. So you can quickly and efficiently handle the data to store this data, have quick and easy access to them and based on them to build high quality maps for different purposes. We describe some of the nuances of the program.

Keywords: software, automated information systems, geographic information systems, radar, satellite pictures.

1. Постановка проблеми

Основними критеріями оцінки якості гідрологічного прогнозу є найбільш повна його відповідність за точністю і своєчасністю. Можливість отримання вихідної інформації для прогнозування надзвичайних ситуацій природного походження цілком залежить від рівня розвитку мереж спостережень за природним середовищем.

В умовах, коли все частіше на річках формуються швидкопливні гідрологічні явища, коли погодні умови зими не сприяють формуванню стабільних чинників весняного водопілля для достовірного довгострокового прогнозування, найбільш актуальним стає розвиток систем короткострокового прогнозування [1, 2].

Розподілену модель на основі ГІС даних басейну зокрема р.Тиса з 2002 року використовують. О.І. Лук'янець і М.М.Сусідко розглянули науково-методичні засади створення басейнових прогностичних систем [3]. На прикладі басейну р. Тиси вони показали застосування математичних моделей формування стоку води як основи методичної бази системи та її функціональних складових.

Ковальчук П.І., Шевчук С. А., Яковенко Ю.П. у публікації «Наукові принципи та задачі інформаційно-аналітичної системи оцінки зміни меліоративного стану для захисту від підтоплення сільськогосподарських угідь» розробили математичну модель та інформаційно-аналітичну систему, яка за допомогою ГІС технологій (побудови карт рівня ґрунтових вод), дозволяє вирішувати задачі контролю і аналізу за використанням меліорованих земель, оцінювати економічні збитки від підтоплення сільськогосподарських угідь та проводити аналіз працездатності інженерних систем захисту територій від підтоплення.

Гідроморфодинамічна оцінка руслових процесів гірських річок на прикладі басейну Верхньої Тиси була здійснена Коноваленко О.С. в дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата географічних наук. Де були сформовані теоретичні основи гідроморфодинамічної оцінки руслових процесів гірських річок. Проведено гідроморфодинамічну оцінку паводків. Досліджено руслові деформації, використовуючи матеріали ДЗЗ та методи ГІС. Встановлено, що найбільше на деформації русел впливають активні паводки.

Оцінку циклічності багаторічних коливань стоку річок Українських Карпат розглянула Чорноморець Ю.О. Дослідження присвячено стоку води річок Українських Карпат, умов його формування та оцінці циклічності в багаторічних коливаннях. Визначено основні чинники стокоутворення та проведено районування території регіону за їх домінуючим впливом.

Захарова М.В. дослідила просторову модель для розрахунків гідрографів паводкового стоку води, хімічних речовин та наносів з малих водозборів Українських Карпат. Нею було розроблено комплексний підхід до математичного моделювання процесів формування дощових паводків і винесення ними розчинених хімічних речовин і зважених наносів з використанням просторових полів головних факторів дощового стоку.

2. Обґрунтування актуальності вирішення

Однак, надзвичайно важливим є форма представлення прогнозу, можливість його просторової інтерпретації. Технологічні рішення, застосовані в системі, дозволяють отримувати прогнозу продукцію з детальним висвітленням просторових об'єктів. Слід мати на увазі при цьому, що математичне моделювання паводків із метою використання його результатів у системі потребує досконалого вивчення ландшафтних і гідрологічних умов у річковому басейні.

3. Мета та загальна постановка задачі

Здійснити науково-методичне обґрунтування створення в гідрометслужбі сучасної автоматичної системи наземних гідрометеорологічних спостережень, збору і отримання даних центром прогнозування в реальному часі з необхідною частотою. Проаналізувати розвиток і можливості впровадження

гідродинамічних моделей і ГІС-технологій, що дозволить описувати перебіг паводків у просторі і часі по всій течії річки, видавати прогнози у вигляді зон імовірних затоплень.

4. Виклад основних елементів досліджень щодо реалізації мети

З метою підвищення функціональних можливостей прогностичної системи вона організована у складі 5 підсистем, через які здійснюється короткотермінове прогнозування перебігу стоку на р. Тисі та її притоках, а також довготермінове прогнозування характеристик весняного стоку. Математичні моделі, задіяні в системі, надають можливість ймовірнісного передбачення процесів формування стоку з метою збільшення завчасності прогнозів. Цим самим значно підвищується інформативність прогнозової продукції. Найбільшу складність при моделюванні, складає отримання фактичної, місцевої, інформації про рельєф, динаміку русла, історичні дані. Таку інформацію, можна отримати з використанням супутникових знімків Землі. Регулярний моніторинг можливо проводити за допомогою знімків супутника.

Для вирішення проблеми ефективної реалізації можливостей прогностичної системи та збільшення завчасності прогнозування перебігу стоку в басейні Тиси необхідно створити методичну базу безперервного прогнозування кількості опадів по орографічних районах Карпат, задіяти радіолокаційний метод вимірювання опадів і здійснити технічне переоснащення мережі гідрометеорологічних спостережень і засобів передачі інформації. Запровадження басейнових систем сприяє поглибленому комплексному вивченню умов і процесів формування стоку води з урахуванням розмаїття ландшафтно-гідрологічних особливостей річкових водозборів. Зокрема, провідна система прогнозування паводків MIKE 11, створена Датським інститутом Гідравліки ДНІ, дає можливість не тільки прогнозувати дату початку паводку, а за допомогою цифрової моделі рельєфу встановлювати зони, які будуть затоплені, що надзвичайно необхідно для своєчасного відселення населення, яке може постраждати [4].

На території Закарпатської області знаходиться всього 8 метеостанцій, 2 автоматизованих та 36 неавтоматизованих гідропостів, зв'язок з якими під час розвитку екстремальних метеорологічних ситуацій, як показує практика, не гарантовано. Цілком природно, що детальність інформації, реально досяжної в період розвитку надзвичайних ситуацій по території України, робить неефективним застосування таких визнаних у світі комплексів гідрологічного моделювання, як HEC-RAS, SMS, MIKE-11 та ін. [4].

Сьогодні надзвичайно актуальною є розробка моделей розвитку екзогенних процесів – карсту, зсувів, підтоплення, тощо. Саме тому реалізовано інтеграцію ГІС з такими проблемно - орієнтованими моделюючими системами, як модуль розрахунку вільної поверхні ріки та модуль визначення зон вірогідної активізації селевої активності.

Вибір алгоритму прогнозування просторового розвитку та оцінки наслідків надзвичайних ситуацій значною мірою визначається деталістю та повнотою інформації про об'єкт досліджень і його оточення. Останні, у свою чергу, обмежені як можливостями існуючих в регіоні систем моніторингу

природного середовища, так і складом наявного фонду електронних карт, які на сьогодні не можна собі уявити без ГІС.

Сучасна професійна ГІС – це універсальна «клієнт-серверна» система, що має засоби створення і редагування електронних карт, виконання різноманітних вимірювань і розрахунків, оверлейних операцій, побудови тривимірних моделей, обробки растрових даних, засоби підготовки графічних документів, а також зручні інструментальні засоби для роботи з базами даних. Наявні розвинені засоби редагування векторних і растрових карт місцевості і нанесення прикладної графічної інформації на карту. Підтримка декількох десятків різних проекцій карт і систем координат.

Поверхня тривимірної моделі може формуватися з використанням векторних, растрових або матричних карт. Передбачена побудова зображення об'єктів електронної карти, вибір текстур і матеріалу покриття. Підтримка багат шарових матричних карт, матриць рельєфу і матриць якісних характеристик місцевості. Здійснюється побудова ортофопланів за матеріалами космічної зйомки центральної проекції, панорамними і щільними знімками, аерофотозніманням. Побудова регулярних і нерегулярних матриць висот по векторних картах або набору точкових вимірювань. Формування ізоліній по нерегулярних вимірюваннях.

Актуальним є використання логічних і математичних розрахунків для обробки даних досліджень в камеральних умовах, нанесення результатів обчислень на електронну карту. Програмні засоби дозволяють вирішувати більшість завдань по складанні великомасштабних планів.

Застосуванням геоінформаційних систем успішно розв'язуються задачі гідрологічного моделювання, що дозволяють знайти споруди, які знаходяться в зоні можливого затоплення. Особливо корисним є аналіз вказаних зон по космічних знімках. Саме за допомогою знімка можна швидко встановити сучасний стан заселення території. Дані повітряного лазерного сканування і ДЗЗ представляють собою масив, що містить просторові координати точок і значення інтенсивності лазерного віддзеркалення. Здійснюється обробка інформації, що дозволяє вирішувати наступні завдання:

- створення топографічної основи проектно-дослідницьких робіт;
- геометричні вимірювання інженерних споруд;
- оновлення карт місцевості;
- побудова цифрових моделей рельєфу;
- побудова математичних моделей з використанням інтенсивності віддзеркалень лазерного імпульсу;
- дешифрування об'єктів місцевості;
- створення ортофопланів на основі класифікованих точок земної поверхні.

Побудова і аналіз поверхонь полягає у формуванні матриці, що представляє собою поверхню значень модельованої характеристики. У процесі моделювання зони затоплення визначаються межі зони затоплення і обчислюється рівень підйому води. За інформацією відміток рівня формується поверхня води, яка надалі порівнюється з поверхнею рельєфу місцевості. Якщо поверхня води в точці місцевості розташована вище поверхні рельєфу, то в результатуючу матрицю якостей записується значення глибини затоплення в даній точці.

Можна виконати розрахунок статистичних характеристик (мінімальна, середня, максимальна глибина, об'єм води) зони затоплення.

Побудова для ділянки місцевості декількох моделей зон затоплення по вимірах глибин в різні моменти часу дозволяє оцінити динаміку процесу затоплення. Використовуючи результуючу матрицю якостей, можна побудувати профіль глибин по заданій лінії з відображенням поточного значення глибини.

Нааявна можливість моделювання басейнових систем у базі даних ГІС із використанням програмного пакету ARC/INFO 7.1.2. Модель векторних даних ARC/INFO включає просторові шари, які можуть містити класи площинних, лінійних та точкових об'єктів, до яких прив'язуються змістовні атрибути басейнового принципу управління, що стосується і заходів, спрямованих на боротьбу з рядом небезпечних природних явищ (паводки, селі, зсуви, підтоплення, засолення). Головними геометричними елементами басейнових систем є площі водозборів різних порядків, обмежені лініями вододілів, та орієнтований дендричний граф, ребрами якого є тальвеги (канали стоку), а вершинами – початки та злиття тальвегів. Відповідно моделювання басейнових систем у структурі даних ARC/INFO здійснюється за допомогою системи із двох топологічно пов'язаних векторних шарів: мережі з'єднаних орієнтованих лінійних елементів, які моделюють орієнтований граф тальвегів, та полігонного шару водозборів різного порядку та їхніх меж [4].

Адекватне представлення структури басейнових систем у базі даних ГІС дає змогу визначати ряд важливих характеристик елементів басейнових систем шляхом оверлейного аналізу їх шарів із іншими векторними та растровими просторовими шарами бази даних. Так, існує можливість автоматичного обрахунку часток різних категорій наземного покриття у площі окремих водозборів, середнього значення крутизни схилів та інших числових характеристик в їх межах, ухилу русла водотоків. Більш складні числові моделі дозволяють визначати ряд практично важливих характеристик, зокрема, значення твердого стоку, який надходить з окремого водозбору за певний проміжок часу.

Суттєвою перевагою ГІС є можливість спільного просторового аналізу різних даних, представлених у формі просторових шарів. Бази природно-географічних даних ГІС містять просторові шари, які відображають різноманітні характеристики природного середовища. Накладання цих шарів на шари тальвегів та водозборів (оверлейний аналіз) та проведення відповідних розрахунків дозволяють визначити ряд важливих характеристик елементів басейнових систем. Цифрові шари ГІС за структурою даних поділяються на векторні (відбивають розподіл дискретних об'єктів та категорій – форм рельєфу, типів ґрунту тощо) та растрові (відображають континуальний розподіл числових характеристик – наприклад, перевищення, температури).

Залежно від типу шарів стає можливим визначити частоту повторюваності певних об'єктів та частки різних категорій у площі водозбору, або ж статистичні параметри (середнє значення, дисперсію) розподілу по його площі певної числової характеристики.

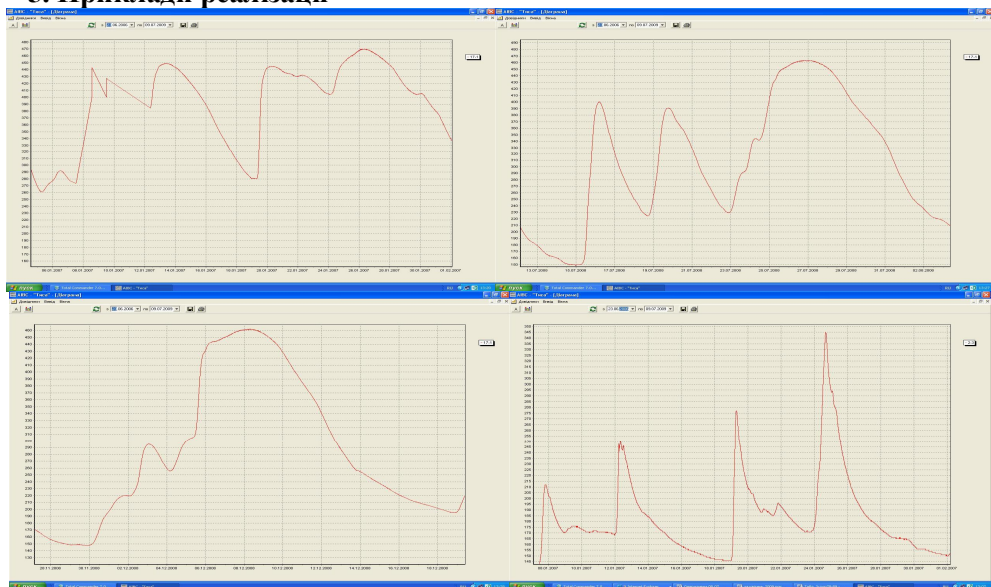
Застосування більш складних моделей дозволяє одержувати інші важливі характеристики для окремих водозборів. Так, модель RUSLE дозволяє

оцінювати величину щорічної ерозії ґрунту, зумовленої площинним зливом та струмковою ерозією, враховуючи характеристики рельєфу (крутизна та довжина схилів), клімату (ерозійний потенціал опадів), ґрунту та наземного покриву [5]. Помноживши обраховану за цією моделлю величину зливу на одиницю площі (модуль зливу) на площу водозбору, одержуємо оцінку щорічного зливу з водозбору. Методи ГІС також дозволяють обраховувати геометричні характеристики водозборів.

Аналогічні методи можуть використовуватися для визначення ряду характеристик тальвегів (русел) та вододілів. Так, накладаючи шар тальвегів на шар нахилу поверхні, одержуємо значення ухилів русла, які можна прив'язати до таблиці атрибутів тальвегів. Виразність вододілів у рельєфі, яка є важливим індикатором динамічних тенденцій у басейнових системах, можна визначити за допомогою накладання шару вододілів на растровий шар планової кривизни поверхні [5].

Метод просторового довготермінового прогнозування у вигляді автоматичного комплексу дозволяє складати оперативні прогнози максимальних витрат (рівнів) води зимових паводків і весняних повеней, консультацію щодо строків їх проходження, оцінювати ймовірності величини весняного максимуму в багаторічному періоді. Представлення очікуваних величин у вигляді карт їх зміни по території на різні дати прогнозу дозволяє оцінювати розміри повеней для будь-яких, навіть невеликих водозборів, не залежно від наявності гідрологічних спостережень на них [6]. Карти ж зон затоплення під час високих водопіль можна отримати за наявності прогнозованих максимальних рівнів води повені, використовуючи топографічні карти місцевості. Такі карти передаються споживачам – міським органам самоврядування, управлінням надзвичайних ситуацій та громадського захисту населення та ін. для оцінювання зон підвищеної небезпеки під час значних повеней.

5. Приклади реалізації



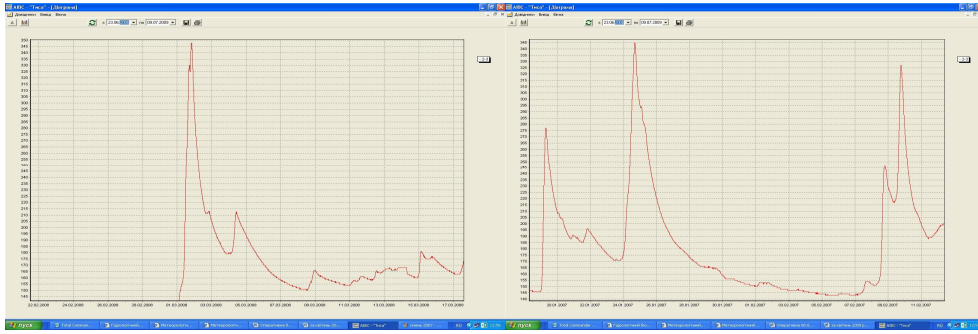


Рис.1. Гідрографи стоку смт. Довге та с. Н. Ремети

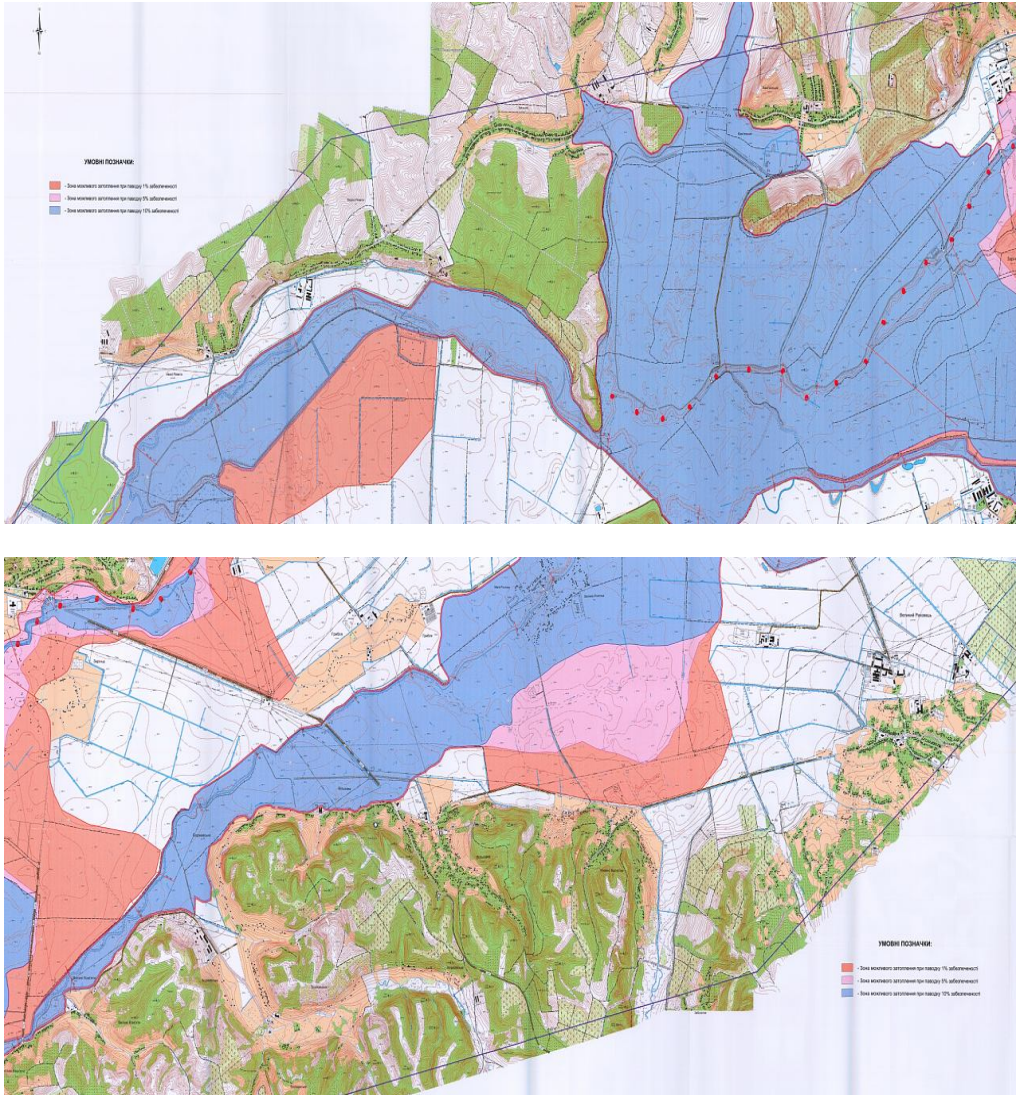


Рис.2. Зони затоплень території дослідження.

6. Практична цінність результатів, перспективи подальших досліджень

В цілому ж методи ГІС-аналізу дозволяють досить коректно реалізувати складні просторові моделі комплексної оцінки стану середовища й одночасно вивчати комбінації різних природно-техногенних чинників. Ці технології призводять до швидкого і ефективного оперування даними, що мають виразну, детальну (чітко координатну, тривимірну) просторову прив'язку, береження даних, швидкий і зручний доступ до них, і на основі цих даних будувати високоякісні карти різних призначень. Що надасть можливість здійснювати удосконалення методики наукового обґрунтування розрахунку визначення зон затоплень при розташуванні дамб обвалування із врахуванням імовірності процесу формування стоку. Отримані результати стосуються покращення сучасної автоматизованої системи гідрометеорологічних спостережень та прогнозування гідроекологічного стану геосистем в межах басейну р. Тиси.

ЛІТЕРАТУРА

1. Чіпак В.П., Мельник Т.П. Система протипаводкових заходів у басейні р.Боржава. – Рівне: Волинські обереги, 2008. – 202 с.
2. Якушев А.І., Зубач В.М., Мельник Т.П. Гідроморфологічний моніторинг стоку річок басейну р. Тиси і її приток. – Рівне: Волинські обереги, 2009. – 64 с.
3. О.І.Лук'янець, М.М.Сусідко Комплексна басейнова система прогнозування паводків у Закарпатті : методична та технологічна база її складових // Наук. праці УкрНДГМІ, 2004, Вип. 253
4. Гопченко Є.Д., Шакірманова Ж.Р. Науково-методична база для складання територіальних довгострокових прогнозів характеристик весняного водопілля // Наук. праці УкрНДГМІ. 2003. – Вип. 251.
5. Іщук О.О., Ободовський О.Г., Коноваленко О.С. Взаємодія ГІС та проблемно-орієнтованих моделюючих комплексів в системах прогнозування та оцінки наслідків надзвичайних ситуацій, пов'язаних з паводками // Науковий збірник КГУ «Гідрологія, гідрохімія, гідроекологія», 3 т, 2002 р. – С. 53-59.
6. О.С.Мкртчян Моделювання басейнових систем у базі даних ГІС // Наук. праці УкрНДГМІ. 2003. – Вип. 251.